

# Heidelberg Retina Tomograph II の使用経験

内田 英哉<sup>1)</sup>, 富田 剛司<sup>2)</sup>, 北澤 克明<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>岐阜大学医学部眼科学教室, <sup>2)</sup>東京大学大学院医学系研究科眼科学教室

## 要 約

**目的:** 緑内障臨床における普及型視神経乳頭解析装置として開発された Heidelberg Retina Tomograph (HRT) II プロトタイプの有用性を検討した。

**対象と方法:** 正常有志者 10 例 10 眼と, 岐阜大学病院眼科で経過観察中の緑内障患者 18 例 18 眼を対象とした。対象眼に対して同一検者が同一日に画角 15°で HRT II, 画角 10°で HRT (version 2.01) の画像を 3 回獲得し, 両装置における測定の見直し性(各画素間の標準偏差)を検討した。また, 両装置で得られた各主要乳頭パラメータ (disc area, cup area, cup/disc area ratio, rim area, cup volume, rim volume, cup shape measure) の相関関係を検討した。

**結果:** HRT II および HRT で得られた平均画像の各画素間における再現性(平均値±標準偏差)は各々 17.5±7.6 μm, 19.3±9.6 μm であり, 両装置間で有意差はなかった。両装置で得られたすべての主要乳頭パラメータにおいて, 統計学的に有意の強い正の相関があった ( $r=0.86\sim0.98$ ,  $p<0.01$ )。

**結論:** HRT II は現行の装置と比較しても, 高い測定再現性と乳頭パラメータの信頼性を持つものと思われる。(日眼会誌 104: 826—829, 2000)

**キーワード:** ハイデルベルグレチナトモグラフ II, 測定再現性, 視神経乳頭パラメータ

## Clinical Evaluation of the Heidelberg Retina Tomograph II

Hideya Uchida<sup>1)</sup>, Goji Tomita<sup>2)</sup> and Yoshiaki Kitazawa<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Department of Ophthalmology, Gifu University School of Medicine

<sup>2)</sup>Department of Ophthalmology, The University of Tokyo, Graduate School of Medicine

## Abstract

**Purpose:** To evaluate the usefulness of Heidelberg Retina Tomograph (HRT) II prototype, which is an easily handled model for routine optic disc examination in glaucoma clinics.

**Methods:** Ten eyes of 10 normal volunteers and 18 eyes of 18 open-angle glaucoma patients followed at Gifu University were studied. The reproducibility of three consecutive optic disc measurements with a 15° × 15° field using HRT II and with a 10° × 10° field using HRT (version 2.01) were evaluated by the same examiner on the same day. We also examined the correlation of the main topographic parameters (disc area, cup area, cup/disc area ratio, rim area, cup volume, rim volume, cup shape measure) between HRT II and HRT.

**Results:** The mean (±standard deviation) reproducibility of optic disc measurements with HRT II and HRT were 17.5±7.6 μm and 19.3±9.6 μm, respectively. This difference was not significant. All topographic parameters obtained from HRT II and HRT ( $R=0.86\sim0.98$ ,  $p<0.01$ ) showed statistically significant correlations with each other.

**Conclusion:** The HRT II has high reproducibility of measurements and reliable stereometric parameters comparable to the conventional HRT. (J Jpn Ophthalmol Soc 104: 826—829, 2000)

**Key words:** Heidelberg Retina Tomograph II, Measurement reproducibility, Optic disc parameters

## I 緒 言

緑内障における視神経乳頭解析は, 診断, 経過観察の上で最も重要な意味を持っている。Heidelberg Retina To-

mograph (以下, HRT. Heidelberg Engineering GmbH, ドイツ) は, 従来の画像解析装置に比べて検査時間が短い, 検者間での再現性が良い, 単波長レーザーと共焦点システムを採用しているために, コントラストが高く良好な

別刷請求先: 500-8705 岐阜市司町 40 岐阜大学医学部眼科学教室 内田 英哉

(平成 12 年 4 月 3 日受付, 平成 12 年 5 月 25 日改訂受理)

Reprint requests to: Hideya Uchida, M.D. Department of Ophthalmology, Gifu University School of Medicine, 40 Tsukasa-machi, Gifu 500-8705, Japan

(Received April 3, 2000 and accepted in revised form May 25, 2000)

表 1 HRT と HRT II の比較

|                     | HRT            | HRT II                              |
|---------------------|----------------|-------------------------------------|
| Scan 幅決定            | 手動             | 自動                                  |
| 平均画像作成              | 手動             | 自動                                  |
| 撮影画角                | 10 ~ 20°       | 15° のみ                              |
| 解像度 (ピクセル)          | 258 × 258      | 354 × 354                           |
| 固視灯                 | 外部装備           | 内部装備                                |
| 撮影部位                | 視神経乳頭, 黄斑部など   | 視神経乳頭のみ                             |
| カメラ部操作性             | 全方向自由          | 上下左右のみ                              |
| Contour line 作成     | フリーハンド (やや難)   | ドット状にクリック (易)                       |
| 画像間 Contour line 移動 | 可              | 不可                                  |
| 解析ソフトウェア            | 完全版            | 簡易版                                 |
| 緑内障診断プログラム          | Classification | Moorfield regression classification |
| 平均画像獲得時間            | 長              | 短                                   |
| 画像再構築時間             | 短              | 長                                   |

HRT : Heidelberg Retina Tomograph

デジタル画像が得られる, また, 検査時に散瞳が不要で, 従来のハロゲン光に比べ観察光強度が微弱であるなど被験者にとっての利点も多く, 付属の乳頭解析ソフトも充実しているため, 開発から既に 10 年が経っているが, 現在緑内障診療で最も信頼されている視神経乳頭解析装置の一つである<sup>1)~4)</sup>. HRT を用いた正常眼と緑内障眼の差異の報告<sup>5)~6)</sup>もいくつかある. 近年, 解析部位を視神経乳頭に絞り, 主に緑内障スクリーニングを目的とした HRT の普及型が開発され, HRT II として我が国への導入が開始された.

今回, 我々は普及型 HRT である HRT II のプロトタイプを使用する機会を得, その測定の実現性, 有用性を検討したので報告する.

## II 装置の概要

HRT II は開発に際して現行の HRT に比較し, 表 1 に挙げた点が改変されている. まず, 第一にカメラヘッド部が従来型に比べ, 非常にコンパクトになっている (図 1). レーザーソースは波長 670 nm の赤色ダイオードで現行の装置と同じであるが, 周波数の変更により眼底走査速度が約 2 倍に向上した. また, 画像解像度は 384 × 384 ピクセルと従来型の 1.5 倍となっている. 固視灯は内部に点滅するようになり, その位置を固視すると自動的に視神経乳頭が撮影されるようになった. ただし, カメラヘッド部は, 上下左右のみの移動可能で, 傾けることは不可能となった.

HRT II では, 特に画像獲得時の操作の簡便化に配慮がなされている. 従来型では, 検者が行っていたスキャン幅は自動設定され, 一度の操作で自動的に平均画像が作成される. 乳頭辺縁を決める際の contour line 作成は, 従来のようにフリーハンドでトレースするのではなく, マウスクリックでドット状に描くことにより決定されるようになった.

実際の画像獲得過程としては, まず, 被験者の顔の位置

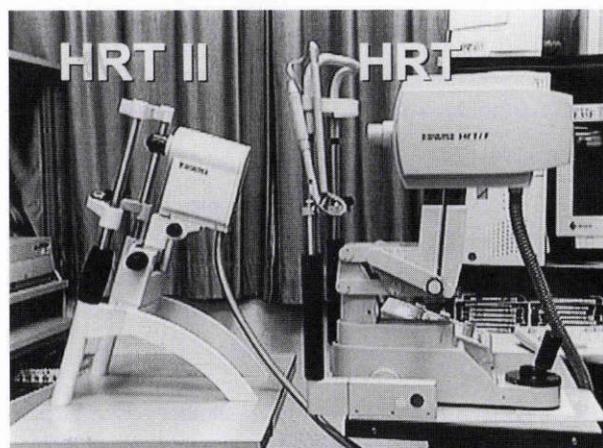


図 1 Heidelberg Retina Tomograph (HRT) II の全景. 従来の HRT (右) と比較すると, 特にカメラヘッド部がコンパクトになっている. フォーカスは前部のダイヤルで調整する.

を調整した後, 検者はモニターをみながらヘッドの先端のダイヤルを回転させ, フォーカスを合わせる. 位置, フォーカスが決まったら, フットペダルで画像を獲得する. 自動的に 3 回スキャンが行われ, 平均画像を作成する. 検者が contour line を決定後, 乳頭解析が行われ, メインパラメータが表示される. なお, HRT II ソフトでは解析内容が, disc area, cup area, cup/disc area ratio, rim area, height variation contour, cup volume, rim volume, mean cup depth, maximum cup depth, cup shape measure, mean RNFL thickness, RNFL cross section area の乳頭立体解析のみに限定されている. また, 従来の診断プログラムの他に, Wollstein ら<sup>7)</sup>の報告に基づいて視神経乳頭を 6 セクターに分け, 視神経乳頭全体と各セクターでの Disc/Cup 面積比を評価することにより, 緑内障性視神経障害が存在するかを判定する新しい診断プログラムが附属している (Moorfield regression classification, 図 2).

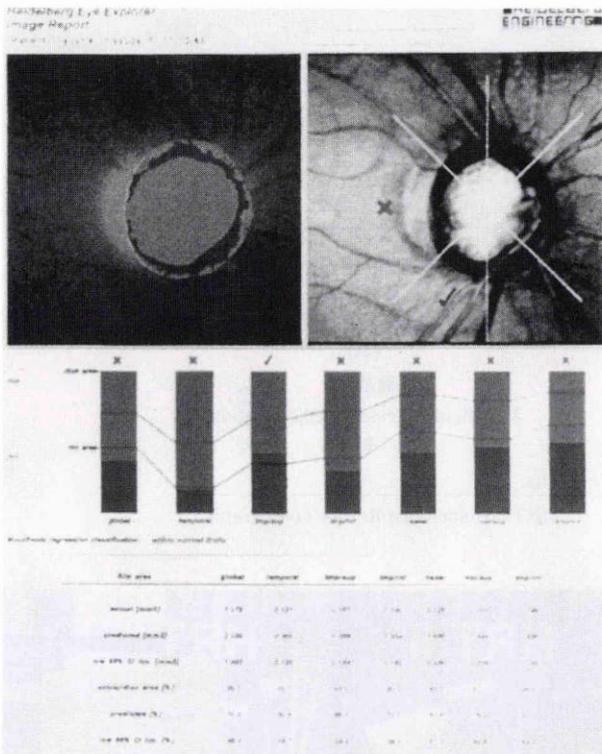


図2 HRT IIの解析画面。

HRT IIに付属している新しい診断プログラム(Moorfield regression classification)画面。視神経乳頭が6セクターに分けられ、各セクター毎での診断が行われる。

また、HRT II画像管理ソフト(Heidelberg Eye Explorer<sup>®</sup>)はWindows 95上で動作するようになり、画像データは普及型の光磁気ディスクに保存される。レーザー走査速度の高速化により平均画像獲得時間は従来型のHRTよりも短くなり、一方、解像度が増えたため画像再構築時間は長くなった。

### III 方法

HRT IIの画像測定の再現性、得られたパラメータの信頼性を検討するために、同一日にHRT(version 2.01)とHRT II検査を施行した。正常有志者と岐阜大学病院眼科で経過観察中の開放隅角緑内障患者28例28眼を対象として検討を行った。対象の内訳は、正常有志者10例10眼(年齢24~41歳、平均値30.1歳、屈折値-6~1.5D、平均値-0.9D)、開放隅角緑内障18例18眼(年齢22~75歳、平均値53.6歳、屈折値-8~2D、平均値-1.8D)であり、緑内障患者には内眼手術の既往のない、正常眼圧緑内障12例12眼、原発開放隅角緑内障5例5眼、ステロイド緑内障1例1眼が含まれていた。開放隅角緑内障の診断基準は、①検眼鏡的に緑内障視神経変化があり、それに対応する視野変化が静的視野検査(Humphrey自動視野プログラム中心30-2)にある。②正常開放隅角。③脳神経外科的、耳鼻科的に視神経変化の原因となり得る頭蓋内病変はない。④視神経、視野に影響を与え得る眼科的ま

表2 HRTとHRT II間における乳頭パラメータの相関

|                     | r    | p値*   |
|---------------------|------|-------|
| disc area           | 0.98 | 0.001 |
| cup area            | 0.98 | 0.001 |
| cup/disc area ratio | 0.98 | 0.001 |
| rim area            | 0.98 | 0.001 |
| cup volume          | 0.94 | 0.001 |
| rim volume          | 0.86 | 0.01  |
| cup shape measure   | 0.93 | 0.001 |

\*: Spearman 順位相関

たは全身的な病歴はない、こととした。正常の診断基準は、眼圧、静的視野、また眼科一般検査で著変のないものとした。正常者、緑内障患者とも両眼の画像が得られた場合は任意に1眼を選んだ。対象には口頭による同意を得た。

両装置での視神経乳頭部周囲領域での画素数を一致させるため、HRTでは画角10°、HRT IIでは画角15°を用いて撮影を行い、3画像の平均画像を作成した。視神経乳頭辺縁を決めるcontour lineの作成は、まず、HRT画像でcontour lineを描き、その後その画像を見ながら同一の検者がHRT IIのcontour lineの作成を行い、各々の主要乳頭パラメータの解析を行った。

HRTとHRT IIで獲得された画像の測定の再現性の検討には、3回スキキャンした平均画像での各画素間の標準偏差を用い、Mann-Whitney U testで両者の比較を行った。また、HRTとHRT II両装置で得られた、主要乳頭パラメータ(disc area, cup area, cup/disc area ratio, rim area, cup volume, rim volume, cup shape measure)値の相関関係をSpearman順位相関を用いて検討した。p<0.05を統計学的に有意差ありとした。

### VI 結果

画像測定の再現性は全対象眼において、HRTで19.3±9.6(平均値±標準偏差)μm、HRT IIで平均17.5±7.6μmであり、両装置間で有意差はなかった。

また、正常眼における測定の再現性は、HRTで平均12.0±3.5μm、HRT IIで13.2±5.1μm、緑内障眼における測定の再現性はHRTで平均24.0±9.3μm、HRT IIで19.9±8.1μmと両装置間において統計学的な有意差はなかった。

HRT、HRT II両装置で得られたすべての乳頭パラメータにおいて、Spearman順位相関検定で統計学的に強い正の相関(r=0.86~0.98, p<0.01)があった(表2)。

### V 考 按

視神経乳頭の定量解析は、緑内障の早期診断または経過観察を行うために重要である。近年開発された共焦点レーザーシステムを利用した走査型レーザー検眼鏡は従

来の眼底カメラに比べても解像度が高く、焦点深度が浅いために立体的に眼底を観察することができる。また、コンピュータによる制御で、断層像を三次元的に再構築することにより立体的な眼底の観察、視神経乳頭の三次元的計測が可能なものもある。走査型レーザー検眼鏡の一つであるHRTは、発売から年数を経ているが、その優れた画像測定再現性やバージョンアップを繰り返している充実した視神経乳頭解析ソフトウェアをもち、現在緑内障臨床で最も信頼されている画像解析装置の一つである。しかしながら、装置は依然高価であり、主に臨床、基礎研究を目的として緑内障専門施設に導入されることが多い。

今回、我が国に導入されたHRT IIは、従来型に比べ特に操作の自動化、省スペース化が図られている。一方で、視神経乳頭解析ソフトのスリム化やHRF、HRAなどのオプションは付けることができないなど、拡張性が抑えられている。そのため、HRT IIはHRTに代わるものではなく、むしろ緑内障スクリーニングを主な目的とした一般外来への普及版として位置づけるべきである。

実際に著者らが使用してみて、HRT IIはその利点として、まず、操作性の簡便化を挙げることができる。検査者は一度操作ボタンを押すだけで、HRT IIは自動的にスキャン幅を決定し、その後3回連続眼底走査を行い、面倒な設定なしに従来型のHRTより短時間で平均画像を得ることができた。また、マウスを使ってcontour lineを描く場合の操作性、正確さが増したことが特記に値する。従来のHRTでは検査者がマウスを用いフリーハンドでcontour lineを決定していたが、この作業は熟練を要する。一方HRT IIの場合、マウスクリックでドット状に視神経乳頭を囲む操作で得られるため熟練を要さず、また、contour line決定後もマウスクリックを使い、簡単に修正できるようになっている。著者らが使用したプロトタイプでは、HRT (version 2.01)で可能であった画像間でのcontour line移動ができず、フォローアップには不利であったが、現時点では改良されている。HRT IIでは撮影画角が15°に固定されているが、視神経乳頭および傍乳頭網脈絡膜萎縮巣の解析には十分な広さであると思われる。また、レーザー走査部の改良によって、解像度の向上(HRTの1.5倍、384×384ピクセル)、スキャン時間の高速化は、より正確な画像データの獲得に寄与していると思われる。また、従来型では外部固視であったが、HRT IIでは固視灯が内部に装備されるようになり、HRTに比べ被検者にとってはおおむね好評であったが、片眼が中心視野のない場合などは、むしろ外部固視灯の方が固視が安定する場合もあり、両者の併設が望ましいと思われた。

さらに、画像解析装置として最も重要な、画像測定の再現性と、得られた解析データの信頼性に関しては、今回の著者らの検討により、従来のHRTに比べてもHRT IIの

測定の再現性( $17.5 \pm 7.6 \mu\text{m}$ )、各乳頭パラメータの値はほぼ同等の値( $r=0.86\sim 0.98$ ,  $p<0.01$ , Spearman 順位相関)であり、得られるパラメータの信頼性は従来型のHRTに劣らないものと考えられた。

一方欠点としては、視神経乳頭部以外の解析ができないこと、解析項目が限定されていること、画角の選択ができないこと、画像撮影時に従来のHRTに比べてヘッドの操作性がやや劣っていること、HRF、HRAをオプションとして追加することができないことなど拡張性のないことが挙げられる。

以上、今回著者らはHRT IIのプロトタイプの有用性を検討した。HRT IIは操作性の簡便化が図られているなどの利点も多く、また、その再現性、乳頭パラメータの信頼性においても現行のHRTとほぼ同等の有用性を持つものと思われた。従来のHRTを臨床研究用の上位機種と考えれば、HRT IIはそれに比べると機能はやや制限されているが、十分使用に耐え得る一般普及タイプと位置づけることができよう。

## 文 献

- 1) Rohrschneider K, Burk ROW, Volcker H: Reproducibility of topometric data acquisition in normal and glaucomatous optic nerve heads with the laser tomographic scanner. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 231: 457-64, 1993.
- 2) Weinreb RN, Dreher AW, Bille J: Quantitative assessment of optic nerve head with the laser tomographic scanner. *Int J Ophthalmol* 13: 25-9, 1989.
- 3) Mikelberg FS, Wijsman K, Schultz M: Reproducibility of topographic parameters obtained with the Heidelberg retina tomography. *J Glaucoma* 2: 101-3, 1993.
- 4) Cioffi GA, Robin AL, Eastman RD, Perell HF, Sarfarazi FA, Kelman SE: Confocal scanning laser ophthalmoscope. Reproducibility of optic nerve head topographic measurement with the confocal scanning ophthalmoscope. *Ophthalmology* 100: 57-62, 1993.
- 5) Uchida H, Brigatti L, Caprioli J: Detection of structural damage from glaucoma with confocal scanning laser image analysis. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 37: 2393-2401, 1996.
- 6) Iester M, Mikelberg FS, Courtright P, Drance SM: Correlation between the visual field indices and Heidelberg Retina Tomograph parameters. *Glaucoma* 6: 78-82, 1997.
- 7) Wollstein G, Garway-Heath DF, Hitching RA: Identification of early glaucoma cases with the scanning laser ophthalmoscope. *Ophthalmology* 105: 1557-63, 1998.